



Munich Personal RePEc Archive

RD Cooperation and economic growth: A dynamic panel data analysis

Sadraoui, Tarek and Ben Zina, Naceur

URDEE FSEG Sfax

25 May 2007

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/3415/>

MPRA Paper No. 3415, posted 06 Jun 2007 UTC

Coopération en R&D et croissance économique : Une analyse par les données de panel dynamique

TAREK. Sadraoui¹ & NACEUR Ben Zina²

¹ URDEE, Unité de Recherche sur la Dynamique Economique et de l'Environnement, Université de Sfax.
Faculté des Sciences Economiques et de Gestion de Sfax-Tunisie, ISGI- Route Mharza Km 1,5 B.P. 954 -
3018 Sfax, casier n °41, Email : Sagha_tare2001@yahoo.fr ou Tarek.Sadraoui@fsegs.rnu.tn

² URDEE, Unité de Recherche sur la Dynamique Economique et de l'Environnement, Université de Sfax.
Faculté des Sciences Economiques et de Gestion de Sfax-Tunisie, FSEG-Sfax-route de l'aérodrome Km 4 ,5-
Sfax 3018. Email : Naceur.Benzina@fsegs.rnu.tn

Première version (Août 2006)

Résumé

Dans ce papier, on se propose d'étudier la relation entre la coopération en R&D et la croissance économique. Nous essayerons d'apporter quelques éclairages théoriques sur les relations de coopération technologique en s'intéressant à l'émergence de la coopération en tant que nouveau mode de coordination des activités économiques. Notre étude empirique se base sur différentes méthodes d'estimations développées récemment dans le cadre des panels dynamiques pour un échantillon de 23 pays sur la période 1992-2004. Nous utiliserons la méthode des GMM d'Arellano et Bond (1992), les tests de causalité et de racine unitaire appliqués sur donnée de panel. Les conclusions totales suggèrent une relation positive et significative.

Mots - clés: Coopération en R&D, Croissance économique, Données de panel dynamique, Externalités technologiques.

Jel code: C33, D83, F42, O32, O33

1 Introduction

La R&D est un processus cumulatif d'acquisition de compétences et de savoir-faire. Le transfert de connaissances tacites est délicat et représente une caractéristique spécifique de l'activité de R&D. De plus, certaines dépenses nécessaires à la R&D telles que les dépenses d'équipements, d'infrastructures sont irrécouvrables. C'est pour cela que l'investissement en R&D est un investissement irréversible et soumis à une incertitude. A partir de l'incertitude du processus cumulatif (R&D) naît un comportement dynamique de recherche d'information qui porte sur la nature intrinsèque du bien. Toutefois, l'impact du processus de création de la technologie et de la diffusion de celle-ci sur la croissance économique et le rôle des administrations publiques reste jusqu'à nos jours moins compris.

Les pays sont à nouveaux aujourd'hui confrontés à de profonds changements structurels qui impliquent la reconstitution des systèmes de production. Les formes organisationnelles qui ont permis le développement industriel au cours des deux derniers siècles doivent être re-configurées pour faire face aux nouveaux défis technologiques, économiques et institutionnels. En effet, si le changement technologique et organisationnel est nécessairement localisé comme suggère Antonelli [3], opérant à la proximité des connaissances accumulées, il passe aussi par l'exploration de nouveaux horizons impliquant de nouvelles compétences pour partie internalisées et pour partie recherchées par la coopération. A ce niveau, une question paraît intéressante : Quel est la logique de la coopération en R&D, et dans quelle mesure celle-ci conduit à l'amélioration de la productivité ?

Loin d'être un phénomène récent, la coopération technologique demeure un des phénomènes de la réalité économique qui a connu une croissance notable depuis le début des années quatre-vingt. Une des premières et majeure contributions à la littérature théorique sur la coopération en R&D est celle de Katz [35], [36]. Dans le modèle de Katz, le bénéfice social de la coopération en R&D dépend principalement du niveau de spillovers (externalités technologiques), l'effort de R&D d'un pays au sein d'une structure coopérative correspond à la somme de son propre effort en terme de dépenses de R&D et de la part des efforts fournis par les pays partenaires sous forme de spillovers. Ainsi, dès lors que ces spillovers sont internalisés au sein d'une structure coopérative, ceux-ci bénéficient conjointement aux pays participants à l'accord et élèvent par conséquent les niveaux d'effort effectif de R&D.

Ce papier est structuré comme suit : La prochaine section décrit la littérature sur la coopération en R&D. En particulier, nous analysons les conditions sous lesquelles la

coopération en R&D rend plus profitable le développement d'une innovation technologique. En effet, ce papier remet en cause notre problématique et constitue une synthèse générale pour la raison d'être de la relation entre la coopération en R&D et la croissance économique. Dans la troisième section, nous avançons les remises en causes des externalités en faveur de la coopération technologique. L'appropriation des résultats de R&D constitue l'objet de la quatrième section. Afin d'achever la section (4), nous abordons la dernière section formant notre essai de validation empirique en se basant sur les données de panel dynamique.

2 Littérature sur la coopération en R&D

La coopération en matière de recherche et développement fait partie des nouvelles stratégies développées par les pays dans un environnement économique de plus en plus globalisé et compétitif. Les avantages de la coopération en R&D pour les pays participants sont bien connus. Les pays engagés dans la coopération en R&D peuvent bénéficier d'économies d'échelle. En effet, ils peuvent profiter aussi des complémentarités de leur savoir-faire et peuvent éviter les récidives de leurs résultats. Un autre avantage de la coopération en R&D est celui de l'internalisation des « spillovers », du fait que les brevets ne reflètent pas une parfaite protection contre les imitations. L'importance des recherches coopératives est reconnue à travers les politiques de certains gouvernements. En particulier la recherche de projets en communs « Research Joint Venture » (RJV) est garantie par le privilège de lois antitrust et leur formation est encouragée par les primes, subventions, etc. Dans le cadre de l'ouverture de l'économie mondiale et la concurrence croissante, les gouvernements développent de nouvelles stratégies impliquant des réseaux de travail de plus en plus intense.

Ce papier se concentre sur la coopération en recherche et développement. En effet, plusieurs aspects de R&D coopérative ont été étudiés dans la littérature économique. La littérature théorique a analysé intensivement comment les « spillovers » affectent l'investissement en R&D dans une situation coopérative comparée à la concurrence (non coopération). En outre, la littérature théorique traite la stabilité de recherche de projet commun, plan organisationnel et l'asymétrie entre les recherches de partenaires. A titre d'exemple, au Japon, la politique industrielle a supporté activement la formation de consortiums de recherches depuis les années 1959. La croissance spectaculaire Japonaise dans les années 60 et les années 70 ont été attribuées en grande partie à la recherche coopérative. Par conséquent, au début des années 80 les législations Américaine et

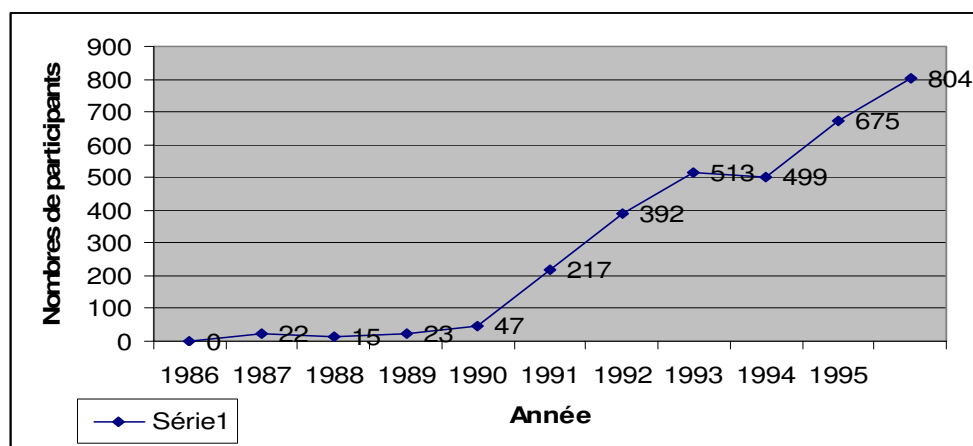
Européenne ont augmenté leurs efforts dont le but est de promouvoir et d'encourager la coopération en R&D. Dans les années 90, l'administration des USA a augmenté le budget du Programme de la technologie avancée qui soutient des projets de recherche combinés dans le secteur privé pour encourager considérablement la recherche commune.

Tableau 1: Le nombre de participants à la recherche coopérative mondial entre (1986-1995)

	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
N participants	22	15	23	47	217	392	513	499	675	804

Source:SDCA-SDCWorldwideJoint ventures & Alliances.

Graphique 1 : Evolution du nombre de participants à la recherche coopérative mondial entre (1986-1995)



Le tableau et le graphique ci-dessus illustre le nombre croissant de participant à la recherche coopérative avec un soutien initial d'au moins 1 million d'USD. En 1985, la Commission Européenne a alloué une permission pour certaines catégories d'accords de R&D. De même, elle autorise l'exploitation commune des résultats de la R&D. En outre, il y a plusieurs programmes établis et consolidé par la commission Européenne pour encourager la coopération en recherche et développement. Le programme Stratégique Européen pour la recherche dans les technologies de l'information (ESPRIT) est le plus grand de ces programmes. Autour de 9000 organisations ont participé à plus de 1200 projets ESPRIT- financés entre (1983) et (1996).

Geroski [27] résume les conclusions théoriques sur ce sujet. Il conclut que les projets de R&D sont désirables lorsque les spillovers technologiques et les externalités positives

rentables existent. Aussi, un consortium non exclusif entre entreprises qui entreprennent la recherche pro-compétitive est préférable à un accord de recherche coopératif entre entreprises sur le même marché de production. En suivant la discussion de Geroski [27] quand nous évaluons l'impact de la R&D coopératif nous devons séparer son effet direct sur la productivité et son effet indirect à travers l'intensité de la recherche et la concurrence. Donc, comment affecte la coopération en R&D la productivité au niveau des pays qui disposent d'activité de recherche en commun ? La R&D peut avoir un impact positif sur la productivité. En fait, en cas de recherche coopérative, la productivité de la recherche est affectée. Donc, le même montant d'investissement de R&D résulte plus (ou moins) d'innovation. Alors, si la structure concurrentielle et les investissements de R&D sont non affectés, la coopération dans les activités innovatrices augmente (baisse) la productivité à comparé au cas de la R&D concurrentielle. Cet effet direct de la recherche et développement a été étudié par Kamien et al. [34], Beath et al. [14] et Baumol [11], [12] et [13].

La question de la coopération en R&D et de la propriété intellectuelle peut être mise en perspective avec la problématique plus large du rôle de l'Etat dans la promotion de la croissance. La plupart des modèles de croissance endogène ont souligné le fait que le rythme de croissance d'équilibre d'une économie pouvait être optimisé grâce à l'intervention de l'Etat pour lutter contre des effets externes qui sont source de divergence entre la recherche de l'optimum social et celle de l'optimum individuel. C'est ce dernier aspect qui retient l'attention ici, non pour rappeler la place du facteur connaissance dans la croissance, mais pour insister sur le rôle de l'Etat dans la promotion de ce facteur. Dans un premier temps, l'analyse s'attache à justifier cette intervention publique en soulignant les caractères particuliers attachés à la connaissance et qui sont à l'origine de phénomènes d'externalités. Dans ce cadre plusieurs travaux évoquent les modalités d'action de l'Etat ces travaux peuvent être séparés en deux grandes catégories : D'un côté, les mesures incitatives ou réglementaires qui visent à orienter les activités privées de production ou de diffusion de la connaissance et de l'autre côté, les participations directes du secteur public, seul ou en collaboration avec le secteur privé, à ces mêmes activités. Donc, la question qui se pose est de savoir est ce que les externalités sont à l'origine de la raison d'être de la coopération en R&D ou non ?

3 Coopération en R&D et externalités technologiques

Dans le management de la coopération en R&D, nous devons distinguer trois niveaux: celui de l'élaboration de la politique gouvernemental, celui de sa stratégie de mise

en œuvre et celui de son exécution. Faute d'une claire distinction entre ces trois niveaux, une certaine confusion règne quant aux responsabilités des uns et des autres, confusion préjudiciable à un bon pilotage de la coopération. La notion de coopération internationale est donc une notion très générale qui recouvre des réalités diverses. La coopération en R&D a également été perçue comme une opportunité d'associer les potentiels des activités de recherche dans le but d'accroître la capacité de s'intégrer dans l'économie générale, et de valoriser les efforts d'innovation. La coopération technologique est devenue d'une part, une forme d'organisation très recherchée pour avoir accès à des connaissances externes Mowery, Oxley, Silverman, [40] [41]. D'autre part les coopérations technologiques sont perçues comme un véhicule d'internalisation des externalités technologiques et des effets de diffusion inévitable et associé à toute activité de recherche. Ce qui reflète l'idée de d'Aspremont. C et A. Jacquemin, [21], [22] Katz. M et J. Ordober [35]. Ces impacts limitent le rôle incitatif du marché en matière d'investissement en R&D et de l'innovation.

Les limites des différents travaux qui s'intéressent à l'impact des spillovers sur la croissance conduisent à l'introduction des interactions plus précisément les coopérations technologiques, comme mécanisme de diffusion des externalités. En considérant la coopération comme un lieu de création de connaissances, deux caractéristiques de la coopération peuvent être indiquées; à savoir l'incertitude et l'existence des contrats incomplets, pour montrer que les spillovers peuvent circuler au sein des formes organisationnelles.

Dans l'optique de Gallié. E [26], la coopération est vue comme étant un vecteur d'externalité de connaissances. Elle a développé une nouvelle conception de la relation coopération/externalités, contrairement à l'analyse de d'Aspremont et Jacquemin [21]. A ce niveau, les économistes développent deux perceptions principales à l'égard des externalités des connaissances. La première dans la lignée de l'économie standard, considère ces phénomènes comme des défaillances de marché, puisque ce sont des effets non pris en compte par le système des prix. Le producteur ne peut pas être rémunéré au coût de la production. Leur existence engendre un déficit d'incitation à investir. Les modèles de D'Aspremont et Jacquemin [21] proposent alors d'internaliser les spillovers dans des relations de coopération pour pallier les défaillances de marché. La deuxième perception constate que les externalités constituent un facteur déterminant de la croissance.

Dans cette optique, la question est de savoir comment il est possible de favoriser les bénéfices de la connaissance et que les mécanismes d'internalisations ont pour objectif de compenser l'inefficacité générée par l'externalité. Ceci permet alors d'obtenir ou du moins

de tendre vers un équilibre pareto-optimal Bach et Lhuillery, [9] [10]. Le recours à d'autres formes d'organisations telles que la firme ou l'Etat peut constituer un moyen d'internaliser les défaillances plus précisément, la coopération apparaît comme une solution intermédiaire moins contraignante. Les différentes caractéristiques de la coopération en R&D peuvent devenir des instruments de politique économique si on attribue aux pouvoirs publics en charge de ces questions, la capacité de les faire varier à leur guise en fonction d'un objectif prédéfini. La prise en compte des possibilités qu'offre la coopération en R&D dans des travaux au niveau macro-économique et dans un cadre d'équilibre général, est moins aboutie. Or, étant donnée l'importance des déterminants technologiques de la croissance, réaffirmée par le corpus théorique de la croissance endogène fondée sur l'innovation, et la mise en place progressive d'une économie fondée sur la connaissance, rendant encore plus immatérielle la production, la place et le rôle de la coopération en R&D, nous paraît extrêmement importante.

Les externalités dues à la recherche sont liées à la diffusion des connaissances: lorsqu'un pays poursuit une activité de recherche, une partie des connaissances produites se diffuse à d'autres pays. Ces externalités ont des effets forts en termes de rendement et par conséquent en termes de niveau de recherche. Ce qui peut être vu d'une part, positivement du fait que la société bénéficie des découvertes au-delà des externalités liées à la circulation de la connaissance. Et d'autre part, négativement du fait que l'innovateur n'est que partiellement récompensé de son effort ce qui désigne une imparfaite appropriation. En d'autres termes, le rendement individuel de l'activité de recherche est inférieur à son rendement social.

Du fait des externalités de recherche, l'activité de R&D génère un niveau d'investissement excessif par rapport à ce qu'il serait collectivement optimal de réaliser Crampes et Encaoua, [19]. La raison est double : D'une part, chaque pays veut être le premier à réussir, alors que la collectivité n'est intéressée que par la réalisation de l'innovation, quel qu'en soit son origine. D'autre part, si trop de pays participent à la recherche correspondant à une même innovation, cela entraîne une répétition des efforts de recherche et une certaine forme de gaspillage.

De ce qui précède nous retenons que les externalités technologiques et stratégiques de la recherche, la résultante de toutes ces forces agissant dans des sens opposés et avec des intensités différentes, détermine l'écart entre l'optimum social et l'équilibre de marché. Lorsque les externalités technologiques dominent, l'équilibre de marché sera caractérisé par un sous investissement en R&D. A l'inverse, lorsque ce sont les externalités

stratégiques qui dominent, l'équilibre de marché sera caractérisé par un sur-investissement en R&D. Cette analyse de la recherche est analogue à l'analyse classique des externalités. Ainsi, suivant la logique de l'analyse moderne des externalités, les externalités de recherche sont passibles des mêmes mécanismes de correction (internalisation) dans l'optique d'une convergence entre optimum privé et optimum public. Le premier mécanisme correspond aux systèmes d'aides et de subventions à la R&D. Le second consiste à accorder aux innovateurs un droit de propriété sur le résultat de leurs activités. Le problème d'externalité n'est pas un problème unilatéral, mais un problème bilatéral entre l'émetteur et le récepteur. Dans le domaine de la production de la connaissance, la création d'entités collectives (partenariat, consortium) permet aussi d'internaliser les externalités. La question est donc d'élargir la zone de diffusion et n'ont pas de travailler sur l'appropriation des connaissances.

4 Appropriation des résultats de la R&D coopérative

Ce travail vise essentiellement à démontrer que les coopérations, et notamment les consortiums en Recherche et Développement (R&D), permettent aux partenaires (pays membres) d'innover et de s'approprier des résultats scientifiques et technologiques. À partir d'une définition élargie de l'appropriation, les principaux facteurs favorisant cette innovation au sein de consortiums en R&D sont mis en valeur. Les analyses économétriques, montrent que les consortiums en R&D produisent des différents résultats dont l'obtention peut être expliquée par des modalités spécifiques de conduites de la coopération. Si les consortiums en R&D font l'objet d'un intérêt croissant, les recherches antérieures se sont essentiellement orientées sur des études empiriques portant sur un large échantillon de consortiums en R&D sont encore en nombre très limité. En outre, les études sur l'appropriation se sont limitées à la problématique de l'appropriabilité et aux moyens légaux donnant la possibilité aux pays de tirer profit de leurs innovations et de les protéger d'une éventuelle imitation.

Le concept d'appropriation est utile pour comprendre les conditions menant au changement technologique et à la réalisation d'innovation. En effet, l'appropriation été utilisée par des théoriciens des droits de propriété, qui caractérisent la R&D comme un bien public non appropriable, Hippel. E[30], Levin. R et al. [38] [39] et Teece [45]. L'innovation technologique ne sera entièrement appropriée et transformée en innovation économique que sous la condition de posséder une «capacité d'absorption», afin de pouvoir intégrer de nouveaux savoirs. La notion d'appropriation se réfère donc à deux

différentes logiques. La première, qu'on peut rapprocher de l'analyse économique en général, et de la théorie des droits de propriété en particulier. La seconde se rattache plutôt aux sciences cognitives, et aux théories évolutionniste et des compétences en particulier, et se réfère à la notion d'apprentissage en renvoyant plus précisément à la capacité d'absorption.

5 Essai de validation empirique : Une analyse par les modèles de panel dynamique

Le but de cette analyse est d'examiner dans une structure d'équation de panel dynamique le rôle de la coopération en R&D dans le processus d'innovation. D'abord, l'analyse est focalisée sur l'impact de la coopération en R&D- conformément à d'autres facteurs - sur l'entrée d'innovation et la production. L'objectif primordial est donc de montrer si les coopérations en R&D sont complémentaires pour le processus d'innovation, en augmentant l'entrée d'innovation et la production de sociétés mesurées par l'intensité de R&D internes, respectivement par la réalisation d'innovations de produit. L'intensité de R&D internes stimule aussi la probabilité des coopérations en R&D entre différents pays. La plupart des activités d'innovation impliquent des acteurs multiples. Le développement des nouveaux produits exige plutôt un processus de recherche actif impliquant plusieurs sociétés et établissements pour découvrir les nouvelles sources de connaissance et de technologie comme suggère DeBresson [24]; Nooteboom, [42]; Von Hippel, [30]. Les pays qui s'engagent dans des activités d'innovation sont conscients de la nécessité d'établir la coopération en R&D pour obtenir de nouveaux produits qui ne peuvent pas être produit à l'intérieur de ces pays. Telles coopérations en recherche et développement sont définies comme des collaborations pour réaliser un but commun qui est de développer des produits nouveaux et améliorés.

L'importance de la coopération en R&D a augmenté régulièrement grâce à la complexité croissante, risques et coûts d'innovation Combe et al.[17]; Dogson, [25]; Hagedoorn et Schakenraad, [29]. Dans le cadre de cette analyse nous essayons essentiellement d'orienter le travail vers des objectifs particuliers qui sont : Le rôle joué par la coopération technologique dans l'explication de l'effort d'investissement en recherche et développement ; Dans quelles mesures la coopération technologique est perçue comme un vecteur privilégié d'innovation et d'incitation à innover et l'impact de la coopération technologique sur la croissance des pays.

5-1 Revue de la littérature empirique

La croissance de la productivité, comme moteur de la croissance économique, est une des inquiétudes principales de la politique industrielle. De même la recherche des projets communs est formée à partir des lois dites « antitrust » parce qu'ils sont considérés pour promouvoir la productivité. Aussi, analyser les effets de la participation dans des programmes de recherche de projet commun sur la productivité est une question intéressante. L'estimation des avantages totaux de la recherche coopérative est très difficile parce que les coopérations peuvent avoir un impact sur les dépenses de R&D. Un nombre limité d'études empiriques est centré autour des motifs pour la participation dans les consortiums de recherche. Dans la littérature nous remarquons qu'il n'y a pas d'étude qui a pour but d'analyser l'impact de la coopération en R&D sur la productivité. Les seules exceptions sont les études d'Irwin et Klenow [32] [33] au sujet de la productivité et Branstetter et Sakakibara [15] au sujet de la productivité des consortiums de recherche Japonais. Les auteurs ont menées des études sur l'effet de la participation des gouvernements pour soutenir des consortiums de R&D. Branstetter et Sakakibara [15] ont effectué une analyse économétrique des consortiums de recherche Japonais. Ils ont trouvé que les dépenses gouvernementales des consortiums de R&D ont aboutit à l'augmentation des dépenses de R&D. Ils ont mesuré la production de la recherche par le nombre de brevets. L'augmentation de la productivité de la recherche implique un effet direct et positif de recherche commune sur la productivité.

Dans ce papier nous étudions les implications de la productivité de participation à la recherche coopérative. En outre, nous utilisons un échantillon de divers pays du monde 23 pays (Les pays que nous avons pris dans notre échantillon sont les suivants : Allemagne, Canada, Belgique, Danemark, Espagne, Finlande, Grèce, Inde, Japon, Norvège, Pays-Bas, Royaume-Uni, Rep-Tchèque, Italie, France, USA, Chine, Brésil, Australie, Israël, Tunisie, Maroc, Egypte) pour une période séparant 1992-2004 dont l'information est disponible sur la dépense de R&D (Nous avons choisi cette période commençant de 1992 suite à l'indisponibilité des données pour certains pays avant l'année 1992 tel que la Tunisie, Maroc...). Nous essayons de séparer l'effet total d'investissement en R&D et la participation en une recherche coopérative sur la productivité. Nous essayons d'utiliser la technique d'estimation de la méthode des moments généralisés développé par Arellano et Bond, nous contrôlons l'endogénéité possible des variables indépendantes, tout en adoptant la littérature récente sur l'économétrie des données de panel. Finalement nous estimons

notre modèle par la méthode Full Modified Ordinary Least Square « FMOLS » et nous interprétons les résultats.

5-2 Présentation du modèle

Les modèles qui s'intéressent principalement à l'influence de la recherche coopérative sur la productivité tiennent compte des spillovers. Ces spillovers seraient alors principalement destinés à la recherche privée. La recherche publique ne bénéficierait pas d'effets de débordement issus d'autres institutions publiques. Néanmoins, la diffusion des spillovers publics a quelquefois été testée plus en amont dans le processus d'innovation en introduisant la R&D publique extérieure dans la fonction qui détermine la R&D publique Autant-Bernard, [7], [8]. L'association des termes spillovers et coopération est un peu habituelle. Toutefois, comme le soulignent Cassiman. B et Veugelers. R [16] tout échange, tout transfert est susceptible d'être source de spillovers. Nous considérons alors, d'une manière général, que les coopérations peuvent être vecteur de spillovers en raison du caractère non-rival des connaissances et de l'incertitude du processus de connaissance. En effet, les connaissances ne sont pas soumises aux mêmes règles d'appropriation que dans le secteur privé. En effet, l'objectif des chercheurs n'est pas de s'approprier leur découverte pour en tirer des gains financiers mais d'établir un principe de priorité, généralement grâce aux publications. Dans ce cas, il n'existe, une fois la priorité établie, aucune limite à la diffusion des connaissances. Les coopérations au sein des réseaux publics devraient favoriser considérablement la diffusion des connaissances publiées.

Dans le cadre de notre étude nous considérons une fonction transformée Cobb-Douglas log-linéaire de production suivante:

$$y_{it} = \delta_1 y_{it-1} + \delta_2 L_{it} + \delta_3 K_{it} + \delta_4 RJV_{it-1} + \delta_5 RD_{it-1} + \gamma_i + \eta_i + \xi_{it} \quad (1)$$

Le modèle de base examiné dans notre essai de validation empirique est tiré de la littérature sur la coopération en matière de R&D. Nous postulons que le PIB/tête engagées par les gouvernements est fonction des dépenses de R&D, du capital et du travail. Le modèle est présenté sous forme de relation log-linéaire entre les différentes variables. Ainsi, nous définissons :

PIB ou (y) : comme le logarithme réelles par habitant pour le pays (i) de l'année t;

K : Comme le logarithme des valeurs capital réel pour le pays (i) de l'année t;

L: Comme le facteur travail pour le pays (i) de l'année t;

RD: Comme le ratio des dépenses de recherche et développement au PIB pour le pays (i) de l'année t ;

RJV : Comme les dépenses de coopération en R&D ;

γt : L'effet spécifique temporel ;

η_i : L'effet spécifique individuel (pays) ; et

ξ_{it} : Le terme d'erreur.

Nous essayons de tenir compte de la structure temporelle des variables de dépenses et de PIB. Pour ce faire, nous devons tester pour déceler la présence d'une racine unitaire et, si toutes les séries sont non stationnaires et I(1), pour étudier la cointégration. Les approches récentes adoptées par Im, Pesaran et Shin [31], « IPS », et par Kao (1999) sont respectivement utilisées pour la racine unitaire et la cointégration. La première consiste à effectuer des tests de racine unitaire sur chacune des séries en utilisant la méthode de Dickey-Fuller Augmentée, «ADF» (Dickey et Fuller, (1981); Davidson et MacKinnon, [23]. L'approche utilisée par Kao pour la cointégration, elle consiste à faire des régressions individuelles de moindres carrés ordinaires (MCO) de y sur RJV et à effectuer des tests ADF sur les résidus estimés de ces séries (Engle et Granger, 1987).

5-3/ Etude de la stationnarité et de la cointégration des séries

Les tests de racine unitaires sont devenus une démarche courante pour l'analyse de la stationnarité des séries temporelles. Cependant, la mise en pratique de ces tests sur les données de panel est récente. Les tests les plus fréquemment utilisés sont ceux de Levin et Lin [38], [39] (LL) et de Im, Pesaran et Shin [31] (IPS). Dans ce paragraphe on cherche à étudier les propriétés de non stationnarité et de cointégration. Dans une première étape, et pour étudier la non stationnarité nous tentons d'utiliser les tests de Levin Lin et d'IPS.

$$\Delta y_{it} = \alpha_i + \theta_i t + \beta y_{it-1} + \sum_{j=1}^p \gamma_j \Delta y_{it-j} + e_{it} \quad (2)$$

Où e_{it} pour $t=1, 2, \dots, 13$ le terme aléatoire qui est supposé bruit blanc; le nombre de retards p est choisi de façon à éliminer l'auto-corrélation des résidus et à minimiser le critère d'information d'Akaike. Les régressions servant à tester la stationnarité des variables en niveau peuvent inclure une constante et une tendance linéaire. Le non rejet de l'hypothèse nulle de racine unitaire indique que la série est caractérisée par une représentation de marche aléatoire. Par ailleurs, seule la constante est incluse dans les régressions qui servent à tester la stationnarité des variables en différence première.

Pour vérifier la stationnarité du groupe et pallier la faible puissance des tests LL en petit échantillon, nous avons fait appel à la méthode d'IPS qui a proposé un test de racine unitaire dans le contexte d'un modèle de données de panel en utilisant la moyenne des

statistiques ADF individuelles des régressions. Nos données en coupe transversale longitudinale doivent idéalement respecter les hypothèses nécessaires à l'application de la statistique alternative t-bar permettant de tester l'hypothèse nulle de racine unitaire pour tous les i ($\beta_i = 0$) :

$$\bar{t}_{NT} (p_i) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_{iT} (p_i)$$

Où : $t_{iT} (p_i)$; représente les tests ADF estimés avec p_i différences retardées;

N ; est le nombre de groupes $N=1,2,\dots,23$.

T ; le nombre total d'observations $T=1,2,\dots,13$.

IPS proposent d'utiliser la statistique standardisée suivante :

$$Z_i = \frac{\sqrt{N} (\bar{t}_{NT} - E(\bar{t}_{NT}))}{\sqrt{\text{var}(\bar{t}_{NT})}}$$

Où : $E(\bar{t}_{NT})$ et $\text{Var}(\bar{t}_{NT})$ sont respectivement les moyennes arithmétiques et les variances des statistiques ADF individuelles, étant donné que $\beta_i = 0$. L'étude d'IPS montre que cette statistique standardisée converge faiblement vers la distribution normale centrée réduite, ce qui permet de la comparer aux valeurs critiques de la distribution $N(0,1)$.

L'application des tests de racine unitaire LL et IPS montre que l'ensemble des séries statistiques est affecté d'une racine unitaire (voir tableau 1). Il est à noter que le nombre de retard maximum est fixé à 3, la sélection des nombres de retard pour chaque individu est programmée par Pedroni pour ces deux tests.

Tableau 1 : Tests de racine unitaire

Statistique	y	RJV	k	L	RD
Levin-Lin ADF-stat	3.83805	-1.4053	-0.1058	-1.5227	-1.2701
IPS ADF-stat	2.61779	-0.2846	-1.0882	-0.1784	-0.1901

La vérification des propriétés de non stationnarité pour toutes les variables du panel nous amène à étudier l'existence d'une relation de long terme entre ces variables. C'est-à-dire l'étude de l'existence d'une relation de cointégration et ce en appliquant les tests de cointégration de Pedroni [43], [44] basées sur des tests de racine unitaire sur des résidus estimés. Les tests de cointégration sur les données de panel consistent à tester la présence de racine unitaire dans les résidus estimés. Cependant, le problème des régressions fallacieuses, bien connu en économétrie des séries temporelles, se pose également dans le cas des données de panel. Les tests de Pedroni sont des tests d'hypothèse nulle d'absence de cointégration basés sur les test de racines unitaires sur des résidus estimés. Pedroni [43],

[44] a développé 7 tests de cointégration sur des données de panel homogène et hétérogène, ces tests prennent en compte l'hétérogénéité au niveau de la relation de cointégration c'est-à-dire que pour chaque individu il existe une ou plusieurs relations de cointégration non nécessairement identiques pour chacun des individus du panel.

La mise en œuvre des tests de Pedroni nécessite dans une première étape l'estimation de la relation de long terme pour chaque individu décrite par :

$$y_{it} = \alpha_i + \delta_i t + \beta_{1i} x_{1it} + \dots + \beta_{Mi} x_{Mit} + \varepsilon_{it}$$

Avec : $i = 1 \dots N$, $t = 1 \dots T$ et $m = 1 \dots M$

Dans les 7 tests de Pedroni, quatre sont basés sur la dimension within (intra) et trois sont basés sur la dimension between (inter). Ces deux catégories reposent sur l'hypothèse nulle d'absence de cointégration (non stationnarité des résidus estimés), la distinction entre les deux catégories se fait au niveau de l'hypothèse alternative :

$$H_1 = \begin{cases} \rho_i = \rho < 1 \forall i : \text{within} \\ \rho_i < 1 \forall i : \text{between} \end{cases}$$

Pedroni a montré que sous des normalisations appropriées basées sur des fonctions de mouvement browniens, chacune des 7 statistiques suit une loi normale centrée réduite pour N et T suffisamment importants :

$$\frac{z_{NT} - \mu \sqrt{N}}{\sqrt{v}} \rightarrow N(0,1)$$

Où z_{NT} désigne l'une des 7 statistiques, Pedroni a tabulé les valeurs des moments μ et v nécessaire à une telle normalisation en fonction du nombre des explicatives et de la présence ou non d'une constante et d'un trend dans les relations de cointégration. Les résultats sont indiqués ci-après.

Tableau 2 : Tests de cointégration de Pedroni

	Rho-stat	v-stat	pp-stat	Adf-stat	Rho_stat¹	Pp_stat¹	Adf_stat¹
(y, k, l, RD, rjv,)	-2.86919	0.17288	-6.75728	-3.79753	- 4.92532	-9.66474	-4.95903

¹ il s'agit des tests basés sur la dimension BETWEEN

A partir des résultats des tests de cointégration de Pedroni nous pouvons remarquer que l'ensemble des statistiques sont inférieure à la valeur critique de la loi normale pour un seuil de 5% (-1.64). De ce fait, l'ensemble de ces tests exige l'existence d'une relation de cointégration. Dans le but d'effectuer des tests de cointégration sur données de panel et pour obtenir une estimation des vecteurs de cointégration il est nécessaire d'appliquer une

méthode d'estimation efficace. Dans ce cadre nous pouvons distinguer plusieurs techniques à savoir, la méthode FMOLS (moindre carré complètement modifié) utilisé par Pedroni, la méthode DOLS (moindre carré dynamique), la méthode GMM et ML (méthode des moments généralisées et maximum de vraisemblance). Phillips et Moon (1999) ont montré que dans le cadre des données de panel, les techniques FMOLS et DOLS conduit à des estimateurs asymptotiquement distribués selon une loi normale centrée réduite. Tout de même, Pedroni (1996) affirme que les estimateurs MCO son super-convergent, alors que leurs distributions asymptotiques est biaisées et dépend des paramètres de nuisances. Selon Pedroni, ces problèmes peuvent être plus marqués en présence d'hétérogénéité. Pour notre modèle l'estimation de ces vecteurs coïntégrant par la méthode FMOLS et pour l'ensemble du panel est donnée par (t-student entre parenthèses):

$$\beta' = \begin{pmatrix} 1 & 5.76 & 4.34 & 4.27 & -1.41 \\ - & (1.00) & (2.49) & (6.73) & (-1.70) \end{pmatrix}$$

5-4 Estimation du modèle par la méthode DPD98

En suivant la démarche suivie par Anderson et Hsiao et on utilise y_{it-2} comme instrument de $(y_{it-1} - y_{it-2})$, l'équation en différence première devient :

$$\Delta y_{it} = \delta_1 \Delta y_{it-1} + \delta_2 \Delta L_{it} + \delta_3 \Delta K_{it} + \delta_4 \Delta RJV_{it-1} + \delta_5 \Delta RD_{it-1} + \mathcal{G}_{it}$$

L'estimation de cette équation nous donne les résultats suivants :

	<i>Coeff</i>	<i>T-Stat</i>	<i>Signif</i>
y (-2)	1.043741733	2.61851	0.01862671
K	0.034631350	2.11157	0.01255140
L	0.117410800	3.10834	0.00507352
RD	0.261604184	1.09045	0.02905193
RJV	0.068683520	2.10772	0.01555534

L'utilisation de la variable $(y_{it-2} - y_{it-3})$ comme instrument de $(y_{it-1} - y_{it-2})$ les résultats de l'estimation sont comme suit :

	<i>Coeff</i>	<i>T-Stat</i>	<i>Signif</i>
y (-2)-y (-3)	4.02020750	2.11480	0.0226709
K	1.91820030	1.90250	0.03925921
L	1.86404603	2.34064	0.01364196
RD	1.25706985	2.84950	0.02590034
RJV	0.55898626	3.09396	0.02520837

Après avoir estimé le modèle par la méthode de Anderson et Hsiao [1], [2] et pour obtenir des résultats plus efficaces, on a essayé d'appliquer l'approche d'Arellano et Bond [4], [5] et [6] qui permet d'obtenir un estimateur des moments généralisés "GMM" plus efficace.

• ***La méthode d'Arellano et Bond (1982) en différence première***

L'estimation que nous présentons ici correspond à l'estimation GMM d'Arellano et Bond [4], [5] et [6]. Nous nous limitons aux résultats de cette estimation parce qu'elle permet d'éliminer de façon rigoureuse tout biais lié à l'hétérogénéité individuelle non observée et offre, par conséquent, une meilleure efficacité des résultats de l'estimation.

	<i>Coeff</i>	<i>T-Stat</i>	<i>Signif</i>
y (-1)	0.52001865	0.46582	0.64180074
K	1.20891059	2.90728	0.03425802
L	1.36345220	2.36785	0.01333684
RD	1.15210478	1.29346	0.36944694
RJV	1.14085022	2.15794	0.02465192

Les estimations empiriques confirment l'effet positif de la variable coopération en R&D sur la croissance des dépenses de R&D et sur la productivité des différents pays.

5-5 Interprétation des résultats et conclusion

L'objectif de cette étude est de confronter les résultats théoriques et empiriques de la littérature de l'impact de la coopération en R&D sur la croissance économique. A notre connaissance, ce champ d'investigation n'a pas encore été testé. Bien qu'un modèle comprenant un ensemble de variables usuelles soit testé avec les estimateurs généralement admis, l'accent est porté sur l'analyse dynamique en données de panel. Cette approche permet d'étudier un modèle plus proche des enseignements théoriques sur la coopération en R&D. Basé sur l'estimateur de Arellano et Bond 1991, la spécification économétrique de ce modèle dynamique combine l'utilisation de variables instrumentales et la méthode des moments généralisés (GMM). L'utilisation de variables instrumentales permet d'obtenir des estimations consistantes car elle résout les problèmes de corrélations entre la variable retardée, la constante et les termes d'erreurs à condition que les termes d'erreurs soient non corrélés dans le temps (Anderson Hsiao 1982). L'estimation par la GMM permet quant à elle d'obtenir des estimateurs efficaces (Arellano et Bond 1991).

Les études disponibles sur la coopération en R&D se limitent souvent à une approche statique. Toutefois les articles les plus récents Cozzi. G [18], Bernard. A et Massard. N (1999), Arora. A et Fostwi. A (2000), Autant. C (2000), Cassiman. B et Veugelers. R (2002) et Coss. B (2002)) enrichissent l'analyse par l'utilisation d'une approche dynamique pour appréhender les relations de coopérations en R&D pour différentes études. L'économétrie de panel permet de contrôler l'hétérogénéité des observations dans leurs dimensions individuelles soit par la prise en compte d'un effet spécifique supposé certain (fixed effects) soit par la prise en compte d'un effet spécifique non observable (random effects). Toutefois, le modèle à effets fixes équivaut à introduire des variables muettes pour chaque pays et il est par conséquent coûteux en terme de degré de liberté Greene [28]. Le modèle à effets aléatoires suppose quant à lui l'indépendance entre le terme d'erreurs qui prend en compte l'effet spécifique et les variables explicatives.

Dans ce travail, on a tenté d'examiner le lien entre la coopération en R&D et la croissance dans divers pays. Sur un échantillon de 23 pays au cours de la période 1992-2004, les résultats des estimations obtenus à l'aide de la Méthode des Moments Généralisés en panel dynamique, montrent que l'impact coopération en R&D sur la croissance varie selon l'indicateur de dépenses internes de recherche et développement « DIRD » de chaque pays pris dans l'échantillon. Sur la base de ce dernier indicateur, il ressort des estimations que l'augmentation d'un point de pourcentage de cet indicateur conduit à 0.427 point de croissance supplémentaire. L'application des tests de racine unitaire LL et IPS montre que l'ensemble des séries statistiques est affecté d'une racine unitaire. Il est à noter que le nombre de retard maximum est fixé à 3, la sélection des nombres de retard pour chaque individu est programmée par Pedroni pour ces deux tests. La vérification des propriétés de non stationnarité pour toutes les variables du panel nous amène à étudier l'existence d'une relation de long terme entre ces variables. C'est-à-dire l'étude de l'existence d'une relation de cointégration et ce en appliquant les tests de cointégration de Pedroni basées sur des tests de racine unitaire sur des résidus estimés. A partir des résultats des tests de cointégration de Pedroni nous pouvons remarquer que l'ensemble des statistiques sont inférieure à la valeur critique de la loi normale pour un seuil de 5% (-1.64). De ce fait, l'ensemble de ces tests exige l'existence d'une relation de cointégration.

Références

- [1] **Anderson. W et Hsiao. C: (1981)**, « *Estimation of Dynamic Models with Error Components* » Journal of the American Statistical Association, Vol n° 76, pp 598-606.
- [2] **Anderson. W et Hsiao. C: (1982)**, « *Formulation and Estimation of Dynamic Models Using Panel Data* » Journal of Econometrics, Vol n° 18, pp 47-82.
- [3] **Antonelli. C: (1994)**, « Technological districts localized spillovers and productivity growth. The Italian evidence on technological externalities in the core regions » International Review of Applied Economics PP. 18-30.
- [4] **Arelano. M et Bond. S: (1998)**, « *Dynamic panel data Estimating using DPD98-A Guide for users* », institute for Fiscal Studies, mimeo
- [5] **Arellano. M et Bond. S: (1991)**, « *Some test of specification for panel data: Monte Carlo evidence and application to employment equations* », Review of Economic Studies Vol n° 58, pp 277-297.
- [6] **Arellano. M et Bond. S: (1991)**, « *Some Tests of Specification for Panel Data: Monte-Carlo Evidence and an Application to Employment Equations* », Review of Economic Studies, Vol 58, and pp. 127-134.
- [7] **Autant. B. C et Massard. N : (1999)**. « *Econométrie des Externalités Technologiques et Géographie de l'Innovation : une analyse critique.* », Economie Appliquée, Vol n°4 pp.
- [8] **Autant. B. C : (2000)**, « *Géographie de l'innovation et externalités locales de connaissances. Une étude sur données françaises* », Thèse pour le doctorat en sciences économiques Université Jean Monnet St-Etienne.
- [9] **Bach. L et Lhillery. S: (1999)**, « Recherche et externalité: tradition économique et renouveau, in Foray, D, Mairesse. J, eds, innovations et performances : approches interdisciplinaires », Paris, Editions de L'EHRESS : 339-367.
- [10] **Bach. L et Lhuillery. S : (1999)**, « Recherche et externalités : tradition économique et renouveau », in Innovations et performances des entreprises : Approches interdisciplinaires, D. Foray, J. Mairesse (eds), Éditions de l'EHESS avec le triple label des Revues Économique, Revue Française de Gestion et Revue de Sociologie du Travail, Paris.
- [11] **Baumol, W. J. (1992)**. Horizontal collusion and innovation. Economic Journal, 102, 129-137.
- [12] **Baumol, W. J. (1997)**. Pareto optimal sizes of innovation spillovers. Research Report #97-42, The C.V. Starr Centre for Applied Economics, Department of Economics, New York University
- [13] **Baumol. W. J: (1993)**, « The Mechanisms of Technology Transfer, II: Technology Consortia in Complementary Innovations » In Entrepreneurship, Management, and the Structure of Payoffs. MIT Press: Cambridge MA, 193-222.
- [14] **Beath, J, Theotoky. J. P et Ulph. D: (1998)**, « Organization, Design, and Information Sharing in a Research Joint Venture with Spillovers, » Bulletin of Economic Research, vol 50, 47-59.
- [15] **Branstetter, L. et Sakakibara. M: (1998)**, « Japanese Research Consortia: A microeconomic analysis of industrial policy », *Journal of Industrial Economics*, 46(2), juin 1998, pp. 207-33.
- [16] **Cassiman. B et Veugelers. R: (2002)**, « *R&D cooperation and spillovers: some empirical evidence from Belgium* » American Economic Review Vol n°92 (4), PP 1169-1184.

- [17] **Combe. E :** (1998), « Pour quoi les firmes s'allient-elles ? Un état de l'art », Revue d'économie Politique, vol 4 (108), pp 433-475.
- [18] **Cozzi. G:** (1999), « R&D cooperation and growth » Journal of Economic Theory. Vol 86. PP 17-49.
- [19] **Crampes. C et Encaoua. D:** (2001), « Microéconomie de l'innovation » Série verte, Bargaining over monetary policy and the desirability of central bank independence V01067
- [20] **Crépon. B Kramarz. F et Trogon. A:** (1996), « *Parameters of Interest, Nuisance Parameter and Orthogonality Conditions: An Application to Error Component Models* », Discussion Paper n° 9335, Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques.
- [21] **D'aspremont. C et Jacquemin. A:** (1988), « Cooperative and non cooperative R&D in duopoly with spillovers », American Economic Review, Vol 5 -78. pp 1133-1137.
- [22] **D'aspremont. C et Jacquemin. A:** (1990), « Cooperative and Noncooperative R&D in Duopoly with Spillovers: Erratum », American Economic Review, pp. 641.
- [23] **Davidson, R. et J. G. MacKinnon** (1992). « Regression-Based Methods for Using Control and Antithetic Variates in Monte Carlo Experiments, » Journal of Econometrics, vol 54, 203-222.
- [24] **Debresson. C. et Amesse. F:** (1991), « *Networks of innovators: a review and introduction to the issue* », *Networks of innovators, Montreal workshop* » Research Policy, vol. 20, n° 5. PP. 363-379.
- [25] **Dogson. M:** (1993), « Organisational learning: A review of some literature, organisational studies », vol 14 (3), pp. 375-394.
- [26] **Gallie. E. P :** (2003), « La coopération, vecteur d'externalités de connaissances », Colloque "Economie de la firme: quelles nouveautés?", Annecy, 17-18 avril
- [27] **Geroski. P. A:** (1992), « Vertical relations between firms and industrial policy », Economic Journal, Vol 102 (410) pp, 138-147.
- [28] **Green. William. H:** (1997), « Economic Analysis », 3rd edition, New York: Prentice Hall.
- [29] **Hagedoorn. J, Schakenraad. J:** (1992), « Leading companies and networks of strategic alliances in information technologies », Research Policy 21, pp 163-190.
- [30] **Hippel. Erik:** (1987), « Cooperation between rivals: informal know how trading », *Research Policy*, 16: 291-302.
- [31] **Im. K. H. Pesaran et Shin. Y:** (2003), « Testing for unit roots in heterogeneous panels, » Journal of Econometrics vol 115, pp.53-74.
- [32] **Irwin. D et Klenow. P:** (1996), « High-Tech R&D Subsidies: Estimating the effects of SEMATECH », Journal of International Economics Vol 40, pp 323-344.
- [33] **Irwin. D. A et Klenow. P. J :** (1996), « High- Tech R&D subsidies : estimating the effects of SEMATECH » Journal of International Economics vol 40: pp 323-344.
- [34] **Kamien. M. I, Muller. E et Zang. I:** (1992), « Research Joint Ventures and R&D Cartels », American Economic Review, Vol 82 (5) pp, 1293-1306.
- [35] **Katz. M. L., Ordover. J. A:** (1990), « R&D Cooperation and competition », in: Brookings Papers on Economic Activity: Microeconomics 137-203.
- [36] **Katz. M. L:** (1986), « An analysis of cooperative research and development », RAND Journal of Economics, vol 17 (4): pp 527-543.
- [37] **Levin. A. C. Lin et C.J. Chu:** (2002), « Unit root tests in panel data: Asymptotic and finite-sample properties, » Journal of Econometrics vol 108, 1-24.

- [38] **Levin. R, Cohen. W et Mowery. D: (1985)**, « *R&D appropriability, opportunity and market structure: New evidence on some Schumpeterian hypotheses* » American Economic Review, Vol n° 75. pp 20-24.
- [39] **Levin. R, Klevorick. Nelson. R et Winter. S: (1987)**, « *appropriating returns from industrial research and development dans Baily. M et Winston. C, redactors 'Brooking papers on Economic activity* » Wachington, the brooking institution.
- [40] **Mowery. D et Rosenberg. N: (1989)**, « Technology and the pursuit of economic growth », Cambridge University Press.
- [41] **Mowery. D. C, Oxley. J, Silverman. B: (1996)**, « Strategic Alliances and Interfirm Knowledge Transfer », *Strategic Management Journa*, Vo17, pp.77-911.
- [42] **Nooteboom. B: (1999)**, « Inter-firm alliances-analysis and design », London, Routledge.
- [43] **Pedroni. P: (1999)**, « Critical Values for Cointegration Tests in Heterogeneous Panels with Multiple Regressors, » *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, vol 61, pp. 653-670.
- [44] **Pedroni. P: (2004)**, « Panel Cointegration: Asymptotic and Finite Sample Properties of Pooled Time Series Tests with an Application to the PPP Hypothesis », *Econometric Theory*, Vol. 3, pp. 579-625.
- [45] **Teece. D: (1992)**, « *Competition, cooperation and innovation: organisational arrangements for regimes of rapid technological progress* » Journal of Economic Behaviour and Organisation, Vol n° 18.